

補助事業番号 2019M-184

補助事業名 2019年度 ミニチュアロボットハンドに器用さを付加する研究 補助事業

補助事業者名 九州大学 先端医療オープンイノベーションセンター 中橋 龍

1 研究の概要

ミニチュアロボットハンドの改良を行う。これまでに腹腔鏡手術に供することを目的として、指部15自由度、腕部6自由度を持ち、手首径が11mmのマスタスレーブ型ロボットハンドを開発してきた(図1)。このロボットの器用さを向上させるため、本事業では、1. 針などをつまむために必要な指部への皮膚の実装、および2. モータユニットの制御性改良、に取り組む。



図1 これまでに開発したミニチュアハンドロボットシステム

2 研究の目的と背景

腹腔鏡手術は、体表に5～10mm程度の穴を数か所設け、そこからカメラと手術器具(鉗子)を挿入して行う手術である。患者にとっては傷創が少なくQOLが高いメリットがあるが、カメラを見ながら体外の手元部と逆に動く鉗子での作業となるため、この鉗子操作が非常に難しい。この操作を直感的に行うことが出来るようにした手術ロボットが実用化されており、患者体内にある鉗子先端を操作者が手でつまんでいるような直感的な操作が可能である。しかし、既存の手術ロボットの「手」はピンセットのような2本の爪からできており、人の手のような複雑な作業、例えば糸結びを行うには、特別な方法を知らなければできない。そこで「究極的に直感的な」手術ロボットとして、自分の手の動きをそのまま体内で再現するマスタスレーブ型ロボットハンドを開発する。グローブ型センサによって操縦者の手の動きを体内で再現することが可能な2本のハンドを備え、3D内視鏡を加えたシステムを構築する。これにより、あたかも患者の中に入って直接臓器を触って手術しているような手術環境を術者に提供する。これまでに手首径11mmの5本指、双腕のロボットハンドとそれを操作するグローブ型センサを開発し、システム全体のプロトタイプができているが、実際の作業を行わせると、1. 硬いプラスチック製の指では対象物が硬い場合に滑ってしまう、2. 安価なホビー用モータを使用しているため応答性が悪い、という問題点があった。本事業ではこれら2点について改良開発を行う。

3 研究内容 (<https://camiku.kyushu-u.ac.jp/project/view.php?cid=140&>)

(1) 指部への皮膚の実装

これまでの円筒状の指先では2本の指先が点接触してしまい、針糸のような細かな物体の把持ができない。人の指先は平坦な部分があり、親指と他の指でのつまみ動作の時に指先は面接触するため、針糸を把持できるものと考えられる。このため、まず指先を扁平なデザインに変更する改良を行った(図2)。これと合わせて、各指、掌の寸法を人の解剖になるべく合わせるため、人の手の詳細な計測に基づくロボットハンドの再設計を行った。皮膚に相当する弾性体のカバーを指先に実装するにあたり、1. ゴム被覆を成型し被せる、2. 熱収縮チューブで被覆、3. ゴム接着剤の塗布、の3通りを試験し、最終的にゴム接着剤の塗布とした(図3)。これらにより針状の細かなものがつまめるようになった。

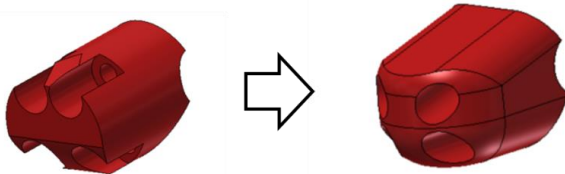


図2 指先のデザイン改良

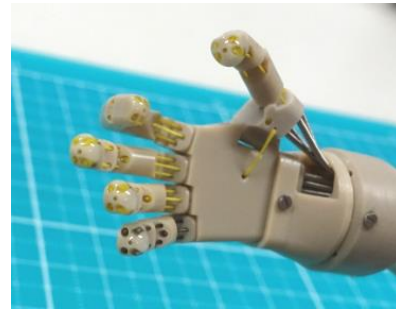


図3 改良後の指部

(2) モータユニットの改良

現行機には安価なラジコンサーボを用いていたが、高ギヤ比のため時間応答性が劣り、ポテンシオメータを採用しているため位置決め精度が劣る。このため、高精度な工業用モータへの置き換えを行った。個のモータ必要なワイヤ牽引力を実験により求め、高精度な工業用モータの中から、マクソンモータ社DCX12L、ギヤ比16:1を選定した。これに合わせ、モータユニットを再設計し、プーリ形状も小型化した結果、占有面積を約半分の48%に縮小できた(図4)。また、モータドライバは内製した。モータ数が多いため、制御のための通信手段およびケーブルの肥大化が問題であった。サーボ1つにマイコン1個を割り当ててローカルの位置制御を組み、通信手段をノイズに強いRS485とし、同一の信号線を全てのサーボで共有、ID付きの指令プロトコルを組んだ。

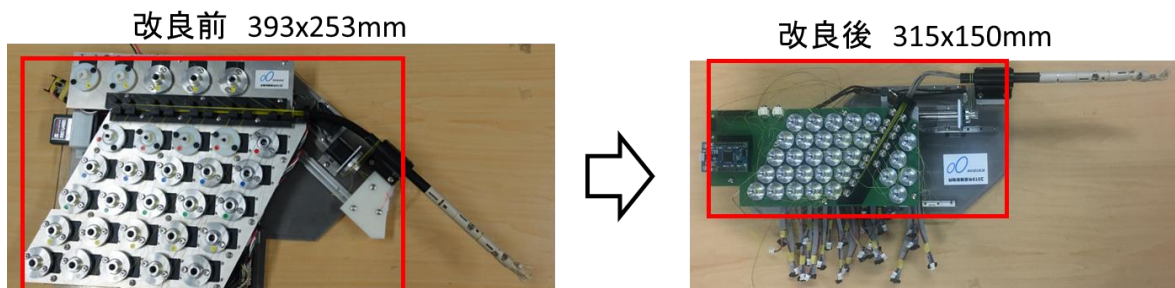


図4 モータユニットの改良前後

4 本研究が実社会にどう活かされるかー展望

本研究では手術用を目的として開発しており、引き続き完成度を高め、手術のタスクが可能なシ

システムの構築を目指す。実環境で使用できるようになった場合、これまでの手術ロボットに比べ圧倒的に自由な操作が可能な操作体系を提供でき、より緻密な手術が可能になることが期待される。また、他分野では微細作業の発生する工業用途への応用が考えられる。電子部品のサンプル実装、コネクタ組み立て等、量産前の試作品の組み立てに苦勞しているメーカーは多く、需要は高い。さらに、本研究はミニチュア化が一つの特徴であるが、大型版を作成するのは容易ゆえ、義手や最近注目を浴びているアバターロボット(遠隔操作ロボット)などへの発展が考えられる。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

2014年度からこの「腹腔鏡手術用ミニチュアハンドロボット」を開始し、改良を重ねながら開発を継続してきた。今回研究の前は「一応のところ動作する全体システム」ができたところであったが、今回研究により性能の大幅な向上を得ることができた。本研究は手術ロボットの実用化という将来目標があるとともに、学生教育の観点からも重要な研究資産である。今回研究により改良されたロボットに学生等がさらに関心を抱き、今後の研究の発展につながるものと考えている。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

<学会発表>

1. 中楯龍, 大澤啓介, 荒田純平, 大内田研宙, 赤星朋比古, 江藤正俊, 橋爪誠, 2本の腕とステレオカメラを備えた腹腔鏡手術用ミニチュアハンドロボットの開発, 第37回日本ロボット学会学術講演会, 3M2-01, 2019
2. Ryu Nakadate, Keisuke Osawa, Jumpei Arata, Tomohiko Akahoshi, Masatoshi Eto, Makoto Hashizume, Preliminary Evaluation of a Surgical Robot Equipped with Two Miniature Hands and a Stereo Endoscope, The 16th Asian Conference on Computer Aided Surgery (ACCAS 2020), OS2-4, 2020

7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

無し

(2)(1)以外で当事業において作成したもの

無し

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名：九州大学 先端医療オープンイノベーションセンター
(キュウシュウダイガクセンタンイリョウイノベーションセンター)

住 所：〒812-8582
福岡県福岡市東区馬出 3-1-1

担 当 者：特任准教授 中楯 龍 (ナカダテ リュウ)

担 当 部 署：先端医療オープンイノベーションセンター
(キュウシュウダイガクセンタンイリョウイノベーションセンター)

E - m a i l: nakadate@camiku.kyushu-u.ac.jp

U R L: <https://camiku.kyushu-u.ac.jp/>